酿酒酵母培养物对泌乳奶牛生产性能、营养物质表观消化率及血清指标的影响

周东年[1,2,3,4]　姚　琨[1,2,3,4*]　谢申猛[5]　李　斌[5]　周福通[5]　李胜利[2,3,4**]　余　雄[1**]

（1.新疆农业大学动物科学学院，乌鲁木齐 830052；2.中国农业大学动物科技学院，北京 100193；3.动物营养学国家重点实验室，北京 100193；4.北京市生鲜乳质量安全工程技术研究中心，北京 100193；5.安徽东方新新生物技术有限公司，亳州 236800）

摘　要：本试验旨在研究酿酒酵母培养物对泌乳奶牛生产性能、营养物质表观消化率及血清生化和免疫指标的影响。选取产奶量、胎次和泌乳天数相近的健康荷斯坦泌乳奶牛 45 头，随机分成 3 个组，每组 15 个重复，每个重复 1 头牛。对照组饲喂基础饲粮组，试验I组和试验II组分别在基础饲粮中添加精料量 1%和 2%的酿酒酵母培养物。预试期 10 d，正试期 60 d。结果表明：1）试验II组产奶量极显著高于对照组和试验I组（$P<0.01$）；试验I组产奶量较对照组提高了 0.36 kg/d，但差异不显著（$P>0.05$）。2）试验I组和试验II组的干物质采食量较对照组分别提高了 0.22 和 0.46 kg/d，但差异不显著（$P>0.05$）；各组之间乳成分和饲料转化效率差异不显著（$P>0.05$）。3）试验I组和试验II组干物质表观消化率显著高于对照组（$P<0.05$）；试验II组粗蛋白表观消化率显著高于对照组（$P<0.05$）；各组之间中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维表观消化率差异不显著（$P>0.05$）。4）试验I组和试验II组丙血清氨酸转移酶活性极显著低于对照组（$P<0.01$），试验II组血清免疫球蛋白 G 含量极显著高于对照组（$P<0.01$），各组之间其他各项血清生化和免疫指标差异不显著（$P>0.05$）。综上所述，饲粮中添加精料量 2%的酿酒酵母培养物可显著提高泌乳奶牛生产性能，改善机体免疫能力，从而增加牧场经济效益。

收稿日期：2018-01-09
基金项目：现代农业（奶牛）产业技术体系建设专项资金资助（CARS-36）
作者简介：周东年（1992—），男，新疆哈密人，硕士研究生，研究方向为反刍动物营养。E-mail：450897128@qq.com
*同等贡献作者
**通信作者：李胜利，教授，博士生导师，E-mail：lisheng0677@163.com；余　雄，教授，博士生导师，E-mail：yuxiong8763601@126.com

关键词：酿酒酵母培养物；荷斯坦泌乳奶牛；生产性能；血清生化指标；血清免疫指标

中图分类号：S823　　　　　　　　　　文献标识码：　　　　　　　　　　文章编号：

酿酒酵母培养物（*Saccharomyces cerevisiae* culture，SC）是以酿酒酵母为菌种，经固体或液体发酵后，浓缩、干燥获得的产品，内含发酵底物、菌体蛋白、酵母菌代谢产物和酵母细胞壁等有益物质，具有平衡动物肠道菌群、提高免疫力、缓解应激和提高生产性能等作用[1-4]。研究表明，SC 能够提高肉牛[5]、肉仔鸡[1]和育肥猪[4]的生产性能。在奶牛方面的研究表明，SC 有提高干物质采食量（DMI）和产奶量的效果[6-7]。Wohlt 等[8]研究表明，在奶牛饲粮中添加 SC 不仅提高了产奶量和 DMI，饲粮粗蛋白质和纤维素的表观消化率也有所提高。Poppy 等[9]在奶牛饲粮中添加 SC 提高了乳脂和乳蛋白产量，改善了乳品质。Williams 等[7]的研究表明，饲粮中添加 SC 可有效稳定瘤胃发酵内环境。目前，SC 在奶牛上的应用研究多针对于生产性能和瘤胃发酵功能，而在血清激素、酶和蛋白质等如何调控机体循环代谢功能上的报道较少。因此，本试验系统地观察了饲粮中添加 SC 对荷斯坦奶牛的生产性能、营养物质表观消化率及血清生化和免疫指标的影响，以期为 SC 在我国奶牛生产中的推广应用提供进一步的理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

试验所用 SC 由安徽东方新新生物技术有限公司提供，产品先由酿酒酵母（2.3×10 CFU/g）固体发酵后，再经枯草芽孢杆菌(2.8×10 CFU/g)固体发酵形成酵母培养物。产品含干物质 90.5%、粗蛋白质 25.1%、中性洗涤纤维 41.6%、酸性洗涤纤维 22.2%、粗灰分 11.5%、粗脂肪 5.8%、钙 0.9%、磷 0.4%、产奶净能 6.9 MJ/kg(干物质基础）。

1.2　试验设计与饲养管理

选取产奶量[（35.2±4.6） kg]、胎次[(1.7±0.5）胎)和泌乳天数[（135±15） d]相近的健康荷斯坦泌乳牛 45 头，随机分为 3 组，每组 15 个重复，每个重复 1 头牛。对照组饲喂

基础饲粮组，试验Ⅰ组和试验Ⅱ组分别在基础饲粮中添加精料量1%和2%的SC[于晨饲时在基础饲粮中添加130和260 g/(d•头)，搅拌均匀]。试验在中国农业大学大兴区试验基地进行，试验牛集中在同一牛舍散栏式饲养，保证饲养模式和环境条件的一致性。试验采用中国农业大学自主研发的动物采食监控系统(animal intake monitoring system，AIMS)，每日分3次饲喂全混合日粮（TMR）（08：00、14：00、20：00），并保证5%~10%剩料量，自由饮水，每日于挤奶厅挤奶3次（07：00、13：00、19：00）。试验期70 d，其中预试期10 d，正试期60 d。

1.3 试验饲粮

试验期间以牧场基地的TMR为基础饲粮。饲粮以全株玉米青贮、燕麦草、苜蓿干草以及高产预混精料等为原料，按精粗比60：40配制，基础饲粮中不含有SC等同类别产品。各组间饲粮除SC添加量不同，其他原料组成完全相同。基础饲粮及其营养水平见表1。

表1 基础饲粮组成及营养水平（干物质基础）

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet (DM basis) %

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
全株玉米青贮 Whole corn silage	26.33
苜蓿干草 Alfalfa hay	9.87
燕麦草 Oat grass	3.16
梯牧草 Timothy grass	2.37
蒸汽压片玉米 Steam-flaked corn	7.11
膨化大豆 Extruded soybean meal	2.76
喷浆玉米皮 Spraying corn bran	2.47
大豆皮 Soybean hull	2.76
脂肪粉 Fat powder	0.99
高产预混精料 High yield premix concentrate1)	42.18
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels2)	
产奶净能 NE_L/(MJ/kg)	7.19
中性洗涤纤维 NDF	31.30
酸性洗涤纤维 ADF	18.80
粗蛋白质 CP	16.80
粗脂肪 EE	5.30

钙 Calcium	0.71
磷 Phosphorus	0.39

1)每千克高产预混精料中含有 Per kilogram of high yield premix concentrate contained the following：VA 20 000 IU，VD 2 300 IU，VE 88 IU，Fe (as ferrous sulfate) 105 mg，Zn (as zinc sulfate) 65 mg，Mn (as manganese sulfate) 24 mg，Cu (as copper sulfate) 7 mg，Mg (as magnesium sulfate) 2 000 mg，K (as kalium sulfate) 10 000 mg。

2)产奶净能为计算值，其他营养水平为实测值。NE_L was a calculated value, while the other nutrient levels were measured values.

1.4　样品的采集与测定

1.4.1　饲粮样品的采集与营养成分的测定

试验期间，每 15 d 采集 1 次投喂饲粮和剩料，采集饲粮样品用四分法进行收集，将所收集样品置于 65 ℃烘箱烘干 48 h，回潮 48 h 后制成风干样，粉碎后保存待测。根据张丽英[10]所述方法对常规营养成分进行分析。

1.4.2　DMI 的测定

试验期间利用 AIMS 系统做好每日采食量与剩料量的统计，计算 DMI。

1.4.3　产奶量与乳成分的测定

正试期间每天记录每头奶牛的产奶量。于正试期第 0 天、第 15 天、第 30 天、第 45 天和第 60 天按早中晚 4：3：3 混合均匀共 50 mL 采集奶样，所得奶样加入重铬酸钾防腐剂置于-4 ℃冷藏保存。样品及时送至北京奶牛中心做乳成分测定，测定指标包括：乳蛋白率、乳脂率、乳糖率、体细胞数和干物质含量。

1.4.4　饲料转化率

饲料转化率公式如下：

饲料转化率=产奶量/DMI。

1.4.5　营养物质表观消化率测定

正试期最后 3 d，采用直肠取粪法连续采集粪样（分别于第 1 天的 03：00、08：00、13：00 和 18：00 时，第 2 天的 04：00、09：00、14：00 和 19：00 时，第 3 天的 05：00、10：00、15：00 和 20：00 时），每次采集 300 g 左右，在最后 1 次采样完成后将每头牛所有的粪样均匀混合后取 200 g 置于托盘中，加入 50 mL 10%酒石酸用于固氮，将样品在 65 ℃下烘干 48 h，回潮 48 h 后制成风干样，粉碎后参照张丽英[12]的方法进行常规营养成分的测定。利用粪样和饲料中的酸不溶灰分（AIA）做内源指示剂计算表观消化率，计算公式参照 Zhong 等[11]描述方法，公式如下：

营养物质表观消化率（%）=[1-（$Ad\times Nf$）/($Af\times Nd$)]×100。

式中：Ad 和 Af 分别为饲粮和粪样中的 AIA 含量（g/kg）；Nd 和 Nf 分别为饲粮和粪样中对应的某种营养物质含量。

1.4.6 血清指标的测定

正试期第 0 天、第 15 天、第 30 天、第 45 天和第 60 天，每组随机挑选 5 头牛，于晨饲前用真空采血管进行尾根静脉采血 10 mL，将采集的血样置于 4 000 r/min 离心机，10 min 后，将所得血清分装在 1.5 mL 离心管中-20 ℃保存待测。血样送至北京莱博泰瑞科技发展公司测定，血清生化和免疫指标包括：谷丙转氨酶（ALT）、谷草转氨酶（AST）、碱性磷酸酶（ALP）活性及总蛋白（TP）、白蛋白（ALB）、尿素氮（UN）、肌酐（CRE）、总胆红素（TB）、非酯化脂肪酸（NEFA），ß-羟基丁酸（BHBA）、免疫球蛋白 A（IgA）、免疫球蛋白 G(IgG)、免疫球蛋白 M（IgM）含量。

1.5 数据分析

试验数据先使用 Excel 2007 进行初步的整理，采用 SPSS 19.0 统计软件进行单因素方差分析，Duncan 氏多重比较法进行差异显著性检验，$P < 0.05$ 表示差异显著，$P < 0.01$ 表示差异极显著，结果以平均值±标准差表示。

2 结 果

2.1　SC 对泌乳奶牛 DMI、饲料转化率、产奶量和乳成分的影响

由表 2 可知，试验II组产奶量极显著高于对照组和试验 I 组（P＜0.01），与对照组相比，试验I组的产奶量提高了 0.36 kg/d，但差异不显著（P＞0.05）；试验I组和试验II组的 DMI 较对照组均有提高，分别提高了 0.22 和 0.46 kg/d，但差异不显著（P＞0.05）；各间之间乳成分和饲料转化率均无显著差异（P＞0.05）。

表 2　SC 对泌乳奶牛 DMI、饲料转化率、产奶量和乳成分的影响

Table 2　Effects of SC on dry matter intake, feed efficiency, milk yield and milk composition of lactating dairy cows

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（P<0.05），不同大写字母表示差异极显著（P<0.01），相同或无字母表示差异不显著（P>0.05）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), and with different capital letter superscripts mean significant difference (P<0.01), while

项目 Items	对照组 Control group	试验I组 Trial group I	试验II组 Trial group II	P 值 P-value
干物质采食量 DMI/(kg/d)	22.58±1.24	22.80±1.61	23.04±1.39	0.28
产奶量 Milk yield/(kg/d)	34.01±0.82^{Bb}	34.37±0.87^{Bb}	34.91±1.04^{Aa}	＜0.01
饲料转化率 Feed efficiency	1.51±0.09	1.51±0.07	1.52±0.09	0.53
乳成分 Milk composition				
乳脂率 Milk fat percentage/%	4.06±0.62	4.12±0.78	4.13±0.63	0.77
乳蛋白率 Milk protein percentage/%	3.29±0.21	3.30±0.23	3.35±0.25	0.11
乳糖率 Milk lactose percentage/%	5.09±0.18	5.05±0.21	5.07±0.23	0.40
干物质含量 Dry matter content/%	13.38±0.72	13.28±1.09	13.13±0.86	0.38
体细胞数 SCC/（×10^4/mL）	10.59±7.68	10.87±7.79	10.20±7.13	0.84

with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05). The same as below.

2.2　SC 对泌乳奶牛营养物质表观消化率的影响

由表 3 可知，试验I组和试验II组干物质表观消化率显著高于对照组（P＜0.05），试验Ⅱ组粗蛋白质表观消化率显著高于对照组（P＜0.05），各组之间中性洗涤纤维（NDF）和酸性洗涤纤维（ADF）表观消化率差异不显著（P＞0.05）。

表 3　SC 对泌乳奶牛营养物质表观消化率的影响(干物质基础）

Table 3　Effects of SC on nutrient apparent digestibility of lactating dairy cows （DM basis）　　%

项目 Items	对照组 Control group	试验I组 Trial group I	试验II组 Trial group II	P 值 P-value
干物质 DM	69.28±1.08[b]	71.71±0.66[a]	71.11±1.69[a]	0.02
粗蛋白质 CP	73.94±0.95[b]	75.16±1.41[ab]	76.02±0.44[a]	0.02
中性洗涤纤维 NDF	59.42±1.71	59.81±1.23	58.89±1.12	0.60
酸性洗涤纤维 ADF	53.25±1.83	53.52±0.74	53.32±1.19	0.93

2.3　SC 对泌乳奶牛血清指标的影响

由表 4 可知，试验I组和试验II组血清 ALT 活性极显著低于对照组（*P*＜0.01），试验 I 组和试验 II 组血清 ALP 活性和 TP 含量均高于对照组，但差异不显著（*P*＞0.05）；试验II组血清 IgG 含量极显著高于对照组（*P*＜0.01），其他各项血清生化和免疫指标差异均不显著（*P*＞0.05）。

表 4　SC 对泌乳奶牛血清指标的影响

Table 4　Effects of SC on serum indices of lactating dairy cows

项目 Items	对照组 Control group	试验I组 Trial group I	试验II组 Trial group II	*P* 值 *P*-value
总胆红素 TB/（μmol/L）	4.96±2.57	5.10±2.83	4.86±2.63	0.95
碱性磷酸酶 ALP/（U/L）	43.60±7.63	45.68±14.90	45.84±14.10	0.42
谷丙转氨酶 ALT/（U/L）	30.96±6.76^{Aa}	26.20±4.28^{Bb}	25.44±8.92^{Bb}	＜0.01
谷草转氨酶 AST/（U/L）	77.32±11.37	76.92±17.42	74.56±10.88	0.74
β-羟丁酸 BHBA/（mmol/L）	0.68±0.17	0.67±0.11	0.68±0.09	0.99
非酯化脂肪酸 NEFA/（μmol/mL）	124.86±56.52	124.79±49.19	126.85±30.35	0.98
总蛋白 TP/（g/L）	76.56±6.18	79.04±4.54	78.40±8.84	0.41
白蛋白 ALB/（g/L）	34.68±2.82	34.84±1.84	34.80±3.27	0.68

尿素氮 UN/（mmol/L）	3.86±0.53	3.78±0.61	4.08±0.82	0.28
肌酐 CRE/（μmol/mL）	84.72±9.82	84.52±9.06	85.40±8.59	0.25
免疫球蛋白 G IgG/（mg/mL）	7.11±2.23^{Bb}	8.16±2.00^{ABab}	9.17±2.01^{Aa}	＜0.01
免疫球蛋白 A IgA/（mg/mL）	0.20±0.05	0.20±0.04	0.22±0.04	0.40
免疫球蛋白 M IgM/（mg/mL）	2.38±0.87	2.48±0.56	2.48±0.69	0.55

2.5 SC 对牧场经济效益的影响

各组饲粮除 SC 添加量不同外，其他原料均相同。由表 5 可知，随着 SC 添加量的增加，牧场经济效益随之增加，与对照组相比，试验 I 组和试验 II 组每头牛每天可多盈利 0.86 和 2.35 元/(d•头)。以此说明，饲粮中添加 SC 可提高牧场经济效益。

表 5　SC 对牧场经济效益的影响

Table 5　Effects of SC on economic effectiveness of farms　　元/(d•头)

项目 Items	对照组 Control group	试验I组 Trial group I	试验II组 Trial group II
饲料成本 Feed cost	55.26	55.66	56.06
牛奶收入 Milk income	119.04	120.30	122.19
经济效益 Economic effectiveness	63.78	64.64	66.13

3 讨　论

3.1 SC 对泌乳奶牛 DMI、饲料转化率、产奶量和乳成分的影响

DMI 和产奶量可直接反映出奶牛的生产性能状态。Desnoyers 等[12]指出，饲粮中添加 SC 可显著提高 DMI 和产奶量，有提高乳脂率的趋势，对乳蛋白率的变化无影响。Poppy 等

[9]却发现，SC 在奶牛上的使用可在泌乳早期提高 DMI，而且在产奶量、能量校正乳、乳脂产量和乳蛋白产量方面也有显著提高。在 Dias 等[13]的试验中同样得出饲粮添加 SC 可提高产奶量和能量校正乳这一结论。在本试验中，各试验组产奶量均高于对照组，其中 SC 添加量为 2%的试验组显著高于对照组，这与上述研究结果一致。在犊牛的相关研究中，Lesmeister 等[14]在犊牛开食料中添加 SC 后，试验组 DMI 较对照组显著增加，添加干物质 2%的 SC 组较对照组平均日增重提高了 15.6%。但是在 Arambel 等[15]的试验结果中发现，在泌乳早期至泌乳中期的奶牛饲粮中添加 SC 后对奶牛的产奶量和 DMI 没有显著影响。在本试验中，泌乳奶牛的 DMI 随着 SC 添加量的增加呈线性增加，各试验组 DMI 均高于对照组，各组间饲料转化率无显著差异。各研究人员的试验结果不一致，是因为奶牛的采食量还受饲养环境、不同生理阶段以及饲粮适口性等因素影响。Dann 等[16]和 Hristov 等[17]研究结果表明，饲粮中添加 SC 对奶牛的乳脂率、乳蛋白率及体细胞数等乳成分无显著影响，在本试验中得出相同结论。但从本试验结果中还可以看到，试验组的乳脂率和乳蛋白率较对照组有略微提升，推测是因为 SC 中多肽和未知营养因子为瘤胃微生物提供了丰富的发酵底物，提高了瘤胃中微生物蛋白的生成量和纤维素分解菌的活性，有助于形成更多乳脂、乳蛋白的前体物质，为改善乳品质打下了良好基础。

3.2 SC 对泌乳奶牛营养物质表观消化率的影响

卢慧[18]报道指出，微生物发酵饲料中有益微生物可有效刺激瘤胃纤维分解菌和乳酸利用菌的生长，从而促进消化率的提高。另有报道指出，酿酒酵母作为有益菌，可有效保护肠道菌群，促进肠道黏膜发育，从而提高动物对营养物质的消化吸收[19]。在泌乳牛相关研究中，Arambel 等[15]报道，随着 SC 的添加，粗蛋白质、ADF 和 NDF 的表观消化率均无显著差异，Hristov 等[17]在试验中同样得出 SC 对营养物质消化率没有显著影响的结论；Wohlt 等[8]却在泌乳早期奶牛试验中发现，饲粮中添加 SC 显著提高了粗蛋白质和纤维素的消化率。在本试验中，添加 SC 组的干物质和粗蛋白质表观消化率显著高于对照组，各组之间 NDF 和 ADF

表观消化率无显著差异。SC 本身含有大量的维生素和植酸酶，并且在发酵过程中产生了大量未知营养因子以及可增味的多肽、氨基酸等物质[1]，以此推测，正是这些有益物质增加了奶牛的采食量，提高了奶牛消化道对饲粮中营养物质的吸收利用率，从而为奶牛提高产奶量提供更多的能量。

3.3 SC 对泌乳奶牛血清指标的影响

血清 TB 含量是测定肝细胞处理胆红素的一项重要指标，胆红素是血液循环中衰老红细胞在肝脏、脾脏及骨髓的单核-吞噬细胞系统中分解和破坏的产物[20]。血清 TB 含量的升高说明机体内胆红素排泄障碍增强，肝细胞处理胆红素的能力下降。左之才等[21]研究表明，在围产期前后，由于 DMI 的降低导致奶牛能量摄入不足，从而使血清 TB 含量显著增高。在本试验中，各组间血清 TB 含量无显著差异，该结果说明 SC 的添加对泌乳奶牛机体胆红素排泄功能无负面影响。

ALT、AST 和 ALP 这 3 种酶分布于动物机体的心肌、骨骼肌、肝脏和肾脏中，若上述组织细胞受损，细胞膜完整性遭到破坏，通透性增强，就会导致血液中酶的活性升高[8]。有研究表明，随着奶牛泌乳量的上升，机体的一些调节功能（如转氨基作用、糖异生作用以及脂肪动员等）增强，组织器官负担加重，导致细胞受损严重，血液中酶活性增强[21]。刘瑾[22]在试验中发现，热应激时心肌收缩力加强，血液循环加速，同时心肌细胞代谢加强，使得心肌细胞受损加快，血清 AST 活性上升。在刘瑾[22]的试验结果中得出，添加产甘油酵母培养物后奶牛血清中 AST 活性略低于未添加组，说明酵母培养物的添加对热应激有一定的缓解作用。结合本试验结果，除各试验组血清 ALT 活性显著低于对照组外，血清 AST 活性较对照组也有降低的趋势，说明 SC 的添加在一定程度上可缓解泌乳奶牛在特定条件下肝脏和心肌等的损伤。

血清中NEFA主要参与机体循环代谢，也是能量代谢的指标，其含量的增加是机体动用体脂的重要标志。血液中BHBA除了由NEFA在肝脏中氧化合成外，也由丁酸作为前体物质

合成，同样也是能量平衡评价指标。研究表明，在奶牛泌乳前期，试验组添加富甘油酵母培养物后血清中BHBA和NEFA的含量低于对照组，并且使奶牛的肝糖异生酶活性上升[23]。脂肪动员是围产期奶牛能量负平衡的必然结果，随着脂肪组织和肝脏糖原消耗增加，血清中NEFA含量显著升高[24]。有研究表明，奶牛在分娩时血清NEFA含量急剧升高，长时间较高含量的血清NEFA说明机体处于能量负平衡状态[25]。本试验中，血清BHBA和NEFA含量在各组间无显著差异，说明SC的添加并不影响奶牛机体正常能量代谢。

血清中TP、ALB、UN和CRE含量共同反映了机体对蛋白质的吸收、合成和分解情况[26]。王玲等[27]研究发现，在奶牛饲粮中添加复合酵母培养物后，各试验组的血清TP、ALB和CRE含量都无显著差异，这一结论与本试验相似。血清UN含量的高低代表机体内蛋白质代谢和饲粮氨基酸的平衡情况。在本试验中，各组间血清UN含量差异不显著，说明奶牛蛋白质的吸收利用情况较为平衡，这一结果可能是由于SC的添加为瘤胃微生物提供更充足的发酵底物，有助于瘤胃微生物利用氨态氮合成微生物蛋白，提高蛋白质的利用率，防止奶牛动用自身机体蛋白质，维持体内蛋白质平衡。

IgG、IgM和IgA这3类免疫球蛋白可代表血清中的免疫球蛋白含量，3类免疫球蛋白可在血清中发挥抗病毒、抗菌、杀菌和抗毒素等作用[28]。刘大程等[29]研究发现，通过在奶牛饲粮中添加2种不同的酵母培养物后，奶牛血清中的IgG含量增加或者保持稳定状态。王卫正[30]研究表明，在奶牛饲粮中添加酵母培养物60 d后可显著提高血清中IgG和IgA的含量。陈作栋等[31]在黄牛试验中得出相似结论，饲粮中添加酵母培养物可显著提高血清中IgA的含量，血清中IgG的含量也有一定程度提高，但是差异不显著。酵母培养物中含有酵母细胞壁多糖，此物质可作为免疫刺激的辅助因子，可起到提高机体免疫能力的作用。本试验中，各试验组的血清IgG含量较对照组均有提高，其中试验II组效果显著，各组之间血清IgM和IgA含量无显著差异。以此结果可得出，在奶牛饲粮中添加SC可提高机体抗菌、抗病毒及抗毒素的活性，有效提高机体免疫性能，保护机体免受病毒损伤。

4 结 论

① 饲粮中添加精料量2%的SC可显著提高奶牛的产奶量，干物质、粗蛋白质表观消化率，血清IgG含量，显著降低血清ALT活性，平均每头牛每天可多收益2.35元，饲喂效果最佳。

② 饲粮中添加精料量1%的SC可显著提高奶牛的干物质表观消化率，显著降低血清ALT活性，DMI和产奶量较对照组有少量提升，平均每头牛每天可多收益0.86元。

③ 综上所述，奶牛饲粮中添加精料量2%的SC可显著提高奶牛生产性能，改善机体免疫能力，提高牧场经济效益。

参考文献：

[1] 丁小娟,张晓图,王世琼,等.酿酒酵母培养物对 817 肉仔鸡生长性能、养分表观利用率及肠道菌群的影响[J].动物营养学报,2017,29(7):2391–2398.

[2] 荣博涵.酵母培养物对肉仔鸡生产性能与免疫功能的影响[D].硕士学位论文.长春:吉林农业大学,2015.

[3] BRUNO R G S,RUTIGLIANO H M,CERRI R L,et al.Effect of feeding *Saccharomyces cerevisiae* on performance of dairy cows during summer heat stress[J].Animal Feed Science and Technology,2009,150(3/4):175–186.

[4] 陈娟,吕常旭,李双全,等.高温环境下酵母培养物对育肥猪生长性能及肉品质的影响[J].饲料博览,2017(7):1–5.

[5] 高慧兰,侯鹏霞,梅宁安,等.日粮中添加酿酒酵母培养物对肉牛生产性能及经济效益的影响[J].畜牧与饲料科学,2017,38(7):45–46,50.

[6] ROBINSON P H,GARRETT J E.Effect of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on adaptation of cows to postpartum diets and on lactational performance[J].Journal of Animal Science,1999,77(4):988–999.

[7] WILLIAMS P E,TAIT C A G,INNES G M,et al.Effects of the inclusion of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae* plus growth medium) in the diet of dairy cows on milk yield and forage degradation and fermentation patterns in the rumen of steers[J].Journal of Animal Science,1991,69(7):3016–3026.

[8] WOHLT J E,FINKELSTEIN A D,CHUNG C H.Yeast culture to improve intake,nutrient digestibility,and performance by dairy cattle during early lactation[J].Journal of Dairy Science,1991,74(4):1395–1400.

[9] POPPY G D,RABIEE A R,LEAN I J,et al.A meta-analysis of the effects of feeding yeast culture produced by anaerobic fermentation of Saccharomyces cerevisiae on milk production of lactating dairy cows[J].Journal of Dairy Science,2012,95(10):6027–6041.

[10] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].4 版.北京:中国农业大学出版社,2016:370.

[11] ZHONG R Z,LI J G,GAO Y X,et al.Effects of substitution of different levels of steam-flaked corn for finely ground corn on lactation and digestion in early lactation dairy cows[J].Journal of Dairy

Science,2008,91(10):3931–3937.
[12] DESNOYERS M,GIGER-REVERDIN S,BERTIN G,et al.Meta-analysis of the influence of Saccharomyces cerevisiae supplementation on ruminal parameters and milk production of ruminants[J].Journal of Dairy Science,2009,92(4):1620–1632.
[13] DIAS A L G,FREITAS J A,MICAI B,et al.Effect of supplemental yeast culture and dietary starch content on rumen fermentation and digestion in dairy cows[J].Journal of Dairy Science,2018,101(1):201–221.
[14] LESMEISTER K E,HEINRICHS A J,GABLER M T.Effects of supplemental yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) culture on rumen development,growth characteristics,and blood parameters in neonatal dairy calves[J].Journal of Dairy Science,2004,87(6):1832–1839.
[15] ARAMBEL M J,KENT B A.Effect of yeast culture on nutrient digestibility and milk yield response in early- to midlactation dairy cows[J].Journal of Dairy Science,1990,73(6):1560–1563.
[16] DANN H M,DRACKLEY J K,MCCOY G C,et al.Effects of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on prepartum intake and postpartum intake and milk production of Jersey cows[J].Journal of Dairy Science,2000,83(1):123–127.
[17] HRISTOV A N,VARGA G,CASSIDY T,et al.Effect of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product on ruminal fermentation and nutrient utilization in dairy cows[J].Journal of Dairy Science,2010,93(2):682–692.
[18] 卢慧.微生物发酵饲料对奶牛生产性能和饲粮养分表观消化率的影响[J].工程技术研究,2017(9):254,256.
[19] 王蜀金,陈惠娜,张正帆,等.酿酒酵母对断奶大鼠生产性能、肠道发育、血液理化指标及免疫功能的影响[J].家畜生态学报,2014(10):41–45.
[20] 王俊东,刘宗平.兽医临床诊断学[M].2 版.北京:中国农业出版社,2010:391.
[21] 左之才,邓俊良,王哲,等.不同能量摄入水平对围产期健康奶牛血清总胆红素、蛋白及转氨酶的影响[J].中国兽医学报,2007,27(6):865–869.
[22] 刘瑾.产甘油酵母培养物缓解奶牛热应激的作用及机理研究[D].博士学位论文.南京:南京农业大学,2014.
[23] YE G,LIU J,LIU Y,et al.Feeding glycerol-enriched yeast culture improves lactation performance,energy status,and hepatic gluconeogenic enzyme expression of dairy cows during the transition period[J].Journal of Animal Science,2016,94(6):2441–2450.
[24] 熊桂林,付志新,曹随忠,等.奶牛围产期血清脂肪代谢、肝脏功能和氧化指标的变化[J].畜牧兽医学报,2010,41(8):1039–1045.
[25] DOEPEL L,LAPIERRE H,KENNELLY J J.Peripartum performance and metabolism of dairy cows in response to prepartum energy and protein intake[J].Journal of Dairy Science,2002,85(9):2315–2334.
[26] 杨璐玲,吕永艳,孙国强.啤酒糟对奶牛产奶性能及血液生化指标的影响[J].中国畜牧杂志,2014,50(13):51–56.
[27] 王玲,吕永艳,程志伟,等.复合酵母培养物对奶牛产奶性能、氮排放及血液生化指标的影响[J].草业学报,2015,24(12):121–130.
[28] 罗克.动物的免疫器官、免疫细胞与免疫分子(续)[J].福建畜牧兽医,2005,27(2):62–69.
[29] 刘大程,程艳,卢德勋.酵母培养物对隐性乳房炎奶牛免疫功能和抗氧化功能的影响[J].中国兽医杂志,2009,45(2):82–84.
[30] 王卫正.酵母培养物对奶牛生产性能、表观消化率、抗氧化功能及免疫能力的影响[D].硕士学位论文.南京:南京农业大学,2016.

[31] 陈作栋,周珊,赵向辉,等.酵母培养物对生长期锦江黄牛生产性能、抗氧化能力及免疫性能的影响[J].动物营养学报,2017,29(5):1767–1773.

Effects of *Saccharomyces cerevisiae* Culture on Performance, Nutrient Apparent Digestibility and Serum Indices of Lactating Dairy Cows

ZHOU Dongnian[1,2,3,4] YAO Kun[1,2,3,4*] XIE Shenmeng[5] LI Bin[5] ZHOU Futong[5] LI Shengli[2,3,4**] YU Xiong[1**]

(1. *College of Animal Science and Technology, Xinjiang Agricultural University*, *Urumqi* 830052, *China*; 2. *College of Animal Science and Technology, China Agricultural University*, *Beijing* 100193, *China*; *State Key Laboratory of Animal Nutrition*, *Beijing* 100193, *China*; *Beijing Engineering Technology Research Center of Raw Milk Quality and Safety Control*, *Beijing* 100193, *China*; 5. *Anhui Dongfang Xinxin Biotechnology Co*., *Ltd*., *Bozhou* 236800, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to investigate the effects of a *Saccharomyces cerevisiae* culture on performance, nutrient apparent digestibility and serum biochemical and immune indices of Holstein lactating dairy cows. Forty-five Holstein dairy cows with similar milk yield, parity and lactation days were randomly assigned into 3 groups with 15 replicates per group and 1 cow per replicate. Cows in the control group were fed a basal diet, and cows in trial group Ⅰ and trial group Ⅱ were fed the basal diets supplemented with 1% and 2% concentrate of *Saccharomyces cerevisiae* culture, respectively. The pre-trial period lasted for 10 days, and the trial period lasted for 60 days. The results showed as follows: 1) the milk yield of group Ⅱ was significant higher than that of control group and group Ⅰ (P<0.01). Meanwhile, compared with the control group,

*Contributed equally
**Corresponding authors: LI Shengli, professor, E-mail: lisheng0677@163.com； YU Xiong，professor, E-mail: yuxiong8763601@126.com （责任编辑 武海龙）

the milk yield of group Ⅰ increased by 0.36 kg/d, but the difference was not significant (P>0.05). 2) Compared with the control group, the dry matter intake of group Ⅰ and group Ⅱ increased by 0.22 and 0.46 kg/d, respectively, but the difference was not significant (P>0.05). There were no significant differences in milk composition and feed efficiency among all groups (P>0.05). 3) The dry matter apparent digestibility of group Ⅰ and group Ⅱ was significantly higher than that of control group (P<0.05); the crude protein apparent digestibility of group Ⅱ was significantly higher than that of control group (P<0.05). There were no significant differences in the apparent digestibility of neutral detergent fiber and acid detergent fiber among all groups (P>0.05). 4) The serum alanine transferase activity of group Ⅰ and group Ⅱ was significant lower than that of control group (P<0.01), the serum immunoglobulin G content of group Ⅱ was significant higher than that of control group (P<0.01), there were no significant differences in the other serum biochemical and immune indices among all groups (P>0.05). In conclusion, diets supplemented with 2% concentrate of *Saccharomyces cerevisiae* culture can significantly improve the performance of lactating dairy cows, improve the body immune function, and increase the economic benefits of farms.

Key words: *Saccharomyces cerevisiae* culture; Holstein lactating dairy cows; performance; serum biochemical index; serum immune index